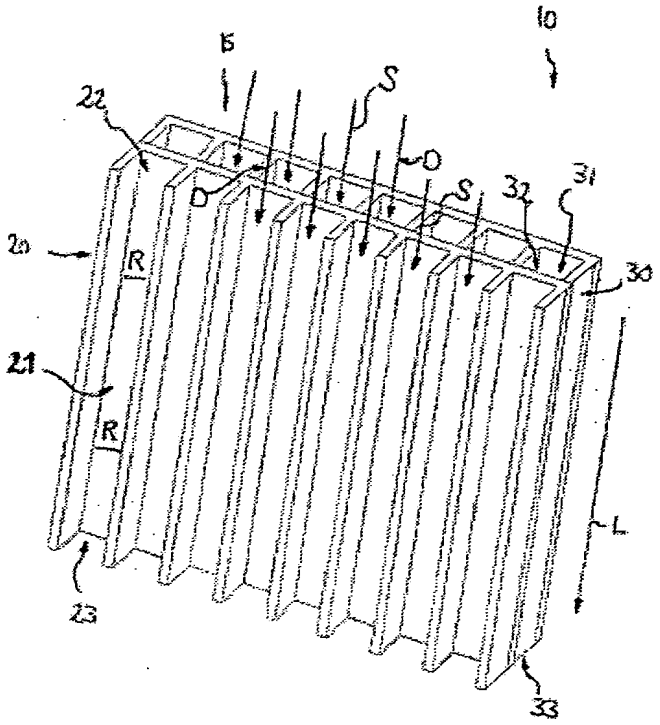
Reactor used e.g. for carrying out exothermic reactions comprises a reactor element having a channel structure with channels provided with a reaction material which reacts with a medium passing through

Publication number:	DE10110465
Publication date:	2002-10-02
Inventor:	HAUSINGER GUENTER (DE); BARTSCH ARMIN (DE)
Applicant:	VODAFONE PILOTENTWICKLUNG GMBH (DE)
Classification:	
- international:	***B01J8/06; B01J19/00; B01J19/24; C01B3/38;*** **B01J8/02; B01J19/00; B01J19/24; C01B3/00**; (IPC1-7): B01J19/00; B01J8/00
- european:	B01J8/06; B01J8/06H; B01J19/00R; B01J19/24R4; C01B3/38; C01B3/38D
Application number:	DE20011010465 20010305
Priority number(s):	DE20011010465 20010305

Report a data error here

Abstract of **DE10110465**

Reactor comprises a reactor element (15) consisting of a functional unit (20) having a channel structure with channels (21) having a channel inlet (22) and a channel outlet (23). A reaction material (R) is provided in the channels which reacts with a medium (D) passing through. The reaction material is provided in the channels in such a way that the channels have regions (40-42) with different reactivity of reaction material over the longitudinal extension of the channels. Preferred Features: More than one reaction material is provided in the channels. The channel regions are partially made from the different reaction materials. The reaction materials have a concentration profile within the channels over its longitudinal extension. The reaction material is a catalytic material. The reactor element has a second functional unit (30) having a channel structure with channels (31) having a channel inlet (32) and a channel outlet (33).



Data supplied from the ***esp@cenet*** database - Worldwide

(19) BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENT- UND MARKENAMT

(12) **Offenlegungsschrift**

(10) **DE 101 10 465 A 1**

(51) Int. Cl.[7]:
B 01 J 19/00
B 01 J 8/00

(21) Aktenzeichen: 101 10 465.0
(22) Anmeldetag: 5. 3. 2001
(43) Offenlegungstag: 2. 10. 2002

(71) Anmelder:
Vodafone Pilotentwicklung GmbH, 81549 München, DE

(74) Vertreter:
Müller, T., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 81927 München

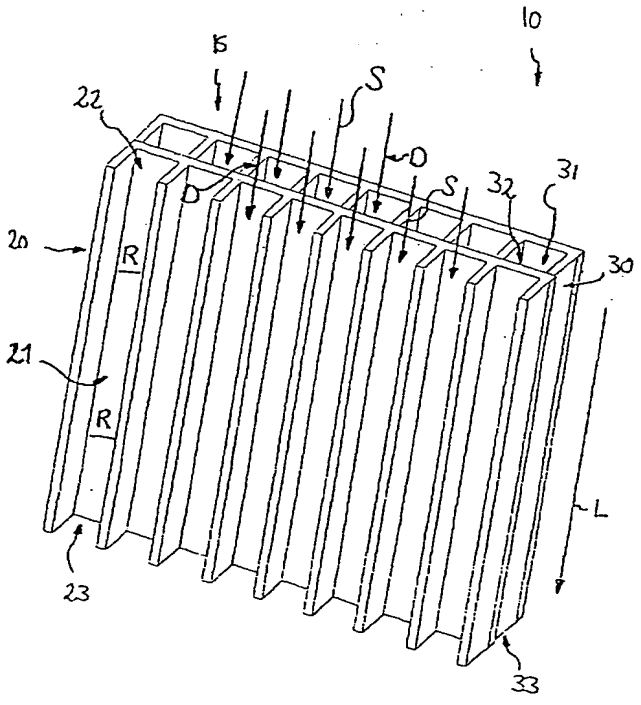
(72) Erfinder:
Hausinger, Günter, Dr., 82131 Gauting, DE; Bartsch, Armin, 81927 München, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Reaktor

(57) Es wird beschrieben ein Reaktor (10), mit wenigstens einem Reaktorelement (15), das wenigstens eine funktionale Einheit (20) mit einem Kanalstruktur aufweist, die eine Anzahl von Kanälen (21; 31) mit jeweils einem Kanaleintritt (22; 32) und einem Kanalaustritt (23; 33) aufweist, die von wenigstens einem Medium (D) durchströmbar sind oder durchströmt werden. Der Reaktor (10) ist erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, daß in den Kanälen (21; 31) wenigstens ein Reaktionsmaterial (R) vorgesehen ist, an oder mit dem das Durchströmmedium (D) reagiert oder reagieren kann und daß das Reaktionsmaterial (R) derart in den Kanälen (21; 31) vorgesehen ist, daß die Kanäle (21; 31) über ihre Längsausdehnung (L) Bereiche mit unterschiedlicher Reaktivität des Reaktionsmaterials (R) aufweisen. Dazu kann das Reaktionsmaterial (R) beispielsweise mit einem geeigneten Konzentrationsprofil innerhalb der Kanäle (21; 31) vorgesehen sein. Auf diese Weise wird ein konstruktiv einfacher Reaktor (10) geschaffen, mit dem optimale Reaktionseigenschaften erzielt werden können, insbesondere ein gezielt einstellbares Reaktionsprofil innerhalb der Kanäle (21; 31) über deren gesamte Längsausdehnung (L).



DE 101 10 465 A 1

DE 101 10 465 A 1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Reaktor gemäß dem Oberbegriff von Patentanspruch 1 sowie besondere Verwendungen für einen solchen Reaktor.

[0002] Reaktoren sind grundsätzlich bekannt und werden in unterschiedlichsten Ausgestaltungsformen für verschiedenste Anwendungen eingesetzt.

[0003] Eine bekannte Ausgestaltungsvariante für Reaktoren sieht vor, daß diese wenigstens ein Reaktorelement aufweisen, das wiederum wenigstens eine Schicht mit einer Kanalstruktur aufweist, die eine Anzahl von Kanälen mit jeweils einem Kanaleintritt und einem Kanalaustritt aufweist. Die einzelnen Kanäle sind von wenigstens einem Medium durchströmbar beziehungsweise werden von einem solchen Medium durchströmt. Reaktoren der genannten Art können beispielsweise als katalytische Brenner eingesetzt werden.

[0004] Wird ein derartiger Reaktor als katalytischer Brenner betrieben, sind die Kanäle beispielsweise mit einem Katalysatormaterial beschichtet. Wenn die mit dem Katalysatormaterial beschichteten Kanäle nun von einem Medium durchströmt werden, findet in den Kanälen eine Reaktion statt, die in der Regel exotherm ist, so daß der Reaktor die auf diese Weise entstandene Wärme für andere Prozesse beziehungsweise Verbraucher zur Verfügung stellen kann.

[0005] Da das Medium die Kanäle dabei üblicherweise über deren gesamte Längsausdehnung durchströmen muß, kommt es bei solchen bekannten Reaktoren häufig zu Problemen bei katalytischen Reaktionen. Wenn nämlich das Medium in den mit dem Katalysatormaterial beschichteten Kanal eintritt, findet bereits im Eintrittsbereich des Kanals ein Großteil der katalytischen Reaktion statt. Diese heftige Reaktion führt zu einer starken, lokalen Hitzeentwicklung im Eintrittsbereich.

[0006] Im weiteren Verlauf der Kanäle schwächt sich die Reaktionsstärke immer mehr ab, so daß sich über die Längsausdehnung der Kanäle ein Reaktionsprofil einstellt, das am Kanaleintritt sehr hoch ist und mit zunehmender Entfernung vom Kanaleintritt immer mehr abnimmt. Eine gleichmäßige Reaktionsführung über die gesamte Länge der Kanäle ist somit nicht realisierbar, so daß üblicherweise nicht der gesamte Kanal für die darin stattfindende Reaktion ausgenutzt werden kann. Weiterhin kann die heftige Reaktion im Eintrittsbereich des Kanals zu Beschädigungen des Reaktors in diesem Bereich führen.

[0007] Es besteht daher das Bedürfnis, Reaktoren der genannten Art diesbezüglich zu optimieren.

[0008] In der EP-A 1 010 462 ist ein Reaktor zur katalytischen Umsetzung eines Ausgangsstoffs beschrieben, bei dem der Reaktor mehrstufig ausgebildet ist, und bei dem einzelne hintereinander geschaltete Reaktorstufen jeweils als Schichtenfolge von einer Anzahl Schichten mit einer Kanalstruktur ausgebildet sind. Die Kanäle sind mit einem katalytischen Material beschichtet, so daß ein Gasgemisch, das die Kanäle durchströmt, mit dem katalytischen Material in Kontakt bringbar ist. Um einen bei der katalytischen Umsetzung auftretenden Druckverlust zu verringern und um zu erreichen, daß im Reaktor eine große Umsetzung erfolgt, wird gemäß dieser bekannten Lösung vorgeschlagen, das Bauvolumen des gesamten Reaktors zu verringern und gleichzeitig das Katalysatorvolumen zu erhöhen. Dies wird erreicht, indem der Reaktor verschiedene Reaktorstufen (Reaktionszonen) mit unterschiedlichen Kanaldichten aufweist. Dabei nimmt die Kanaldichte in Strömungsrichtung des Gasgemischs, das heißt vom Eintrittsbereich des Reaktors in Richtung des Austrittsbereichs des Reaktors gesehen, zu. Dies wird dadurch erreicht, daß die Kanalquerschnitte in den jeweiligen Reaktionszonen kleiner werden. Die Herstellung eines solches Reaktors ist jedoch konstruktiv aufwendig und damit kostenintensiv. Weiterhin ist eine gleichmäßige Durchströmung des Mediums durch den gesamten Reaktor nicht gewährleistet, da es beispielsweise im Übergang zwischen den einzelnen Reaktorstufen zu unerwünschten Verwirbelungen des Durchströmmediums kommen kann. Um diese Nachteile in bezug auf das Durchströmverhalten des Mediums zu verhindern, sind bei dem bekannten Reaktor zwischen den einzelnen Reaktorstufen entsprechende Mischzonen vorgesehen. Diese Mischzonen führen jedoch zu einer Unterbrechung des Gesamtkanals. Weiterhin kann auch die Tatsache, daß jede Reaktorzone Kanäle mit unterschiedlichem Querschnitt aufweist, zu strömungstechnischen Nachteilen führen.

[0009] Ausgehend vom genannten Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zu Grunde, einen Reaktor bereitzustellen, mit dem die im Hinblick auf den Stand der Technik beschriebenen Nachteile wirkungsvoll verhindert werden. Insbesondere soll ein Reaktor der eingangs genannten Art derart weitergebildet werden, daß dieser bei konstruktiv einfacher Ausgestaltung dennoch optimale Reaktionseigenschaften aufweist.

[0010] Diese Aufgabe wird gelöst durch den Reaktor gemäß Patentanspruch 1 sowie die erfindungsgemäßen Verwendungen gemäß Patentanspruch 16, 17, 18 und 19. Weitere Vorteile, Merkmale, Aspekte, Details und Effekte der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Patentansprüchen, der Beschreibung sowie den Zeichnungen. Merkmale und Details der Erfindung, die im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Reaktor beschrieben sind, gelten ebenso für die erfindungsgemäßen Verwendungen, und umgekehrt.

[0011] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zu Grunde, daß die Aufgabe dadurch gelöst werden kann, daß das Reaktionsprofil eines in den Kanälen befindlichen Reaktionsmaterials gezielt eingestellt wird, so daß die Reaktionen eines die Kanäle durchströmenden Mediums mit dem Reaktionsmaterial in jedem Bereich der Kanäle gezielt gesteuert werden können.

[0012] Gemäß dem ersten Aspekt der Erfindung wird ein Reaktor bereitgestellt mit wenigstens einem Reaktorelement, das wenigstens eine funktionale Einheit mit einer Kanalstruktur, die eine Anzahl von Kanälen mit jeweils einem Kanaleintritt und einem Kanalaustritt aufweist, die von wenigstens einem Medium durchströmbar sind oder durchströmt werden, aufweist. Der Reaktor ist erfindungsgemäß dadurch gekennzeichnet, daß in den Kanälen wenigstens ein Reaktionsmaterial vorgesehen ist, an oder mit dem das Durchströmmedium reagiert oder reagieren kann und daß das Reaktionsmaterial derart in den Kanälen vorgesehen ist, daß die Kanäle über ihre Längsausdehnung Bereiche mit unterschiedlicher Reaktivität des Reaktionsmaterials aufweisen.

[0013] Durch den erfindungsgemäßen Reaktor ist ein gezieltes Reaktionsmanagement innerhalb der Kanäle möglich. Insbesondere ist es mit dem erfindungsgemäßen Reaktor möglich, daß über die gesamte Kanallänge ein einstellbares Reaktionsprofil des Reaktionsmaterials auftritt.

[0014] Dazu ist in den Kanälen zunächst wenigstens ein Reaktionsmaterial vorgesehen. Das Reaktionsmaterial hat die Eigenschaft, daß es mit dem die Kanäle durchströmenden Durchströmmedium reagiert oder reagieren kann. Dabei ist die Erfindung nicht auf bestimmte Reaktionsmaterialien beziehungsweise Durchströmmedien beschränkt. Wichtig ist lediglich, daß das Durchströmmedium und das Reaktionsmaterial derart aufeinander abgestimmt sind, daß das Durchströmmedium an oder mit dem Reaktionsmaterial reagieren kann.

[0015] Ein Grundgedanke der Erfindung besteht nun

darin, daß das Reaktionsmaterial in einer besonderen Weise innerhalb der Kanäle vorgesehen ist. Dazu ist das Reaktionsmaterial nicht gleichmäßig in den Kanälen verteilt, sondern in einer Weise, daß die Kanäle über ihre Längsausdehnung Bereiche mit unterschiedlicher Reaktivität des Reaktionsmaterials aufweisen. So kann beispielsweise der aus dem Stand der Technik bekannte nachteilige Effekt vermieden werden, daß im Eintrittsbereich der Kanäle eine sehr starke Reaktion stattfindet und daß die Reaktionsstärke im weiteren Verlauf der Kanäle immer mehr abnimmt.

[0016] Dadurch, daß über die Längsausdehnung der Kanäle verschiedene Bereiche mit unterschiedlicher Reaktivität des Reaktionsmaterials vorgesehen sind, läßt sich die Reaktion in jedem Bereich der Kanäle gezielt und definiert einstellen. So kann beispielsweise eine gleichmäßige Reaktion, das heißt ein möglichst konstantes Reaktionsprofil und/oder Reaktivitätsprofil über die gesamte Länge der Kanäle realisiert werden. Ebenso können Reaktionen mit jedem beliebigen Reaktionsprofil und/oder Reaktivitätsprofil realisiert werden, beispielsweise mit linearem, kurvigem, stufigem Profil oder dergleichen. Natürlich ist die Erfindung nicht auf die genannten Beispiele beschränkt.

[0017] Auf diese Weise kann auch die Reaktion zwischen dem Reaktionsmaterial und dem Durchströmmedium in jedem Bereich der Kanäle gezielt eingestellt werden, so daß letztendlich ein definiertes Reaktionsprofil und/oder Reaktivitätsprofil des Reaktionsmaterials über die gesamte Längsausdehnung der Kanäle entsteht.

[0018] Als "Längsausdehnung" der Kanäle wird dabei die Ausdehnung der Kanäle von deren Eintrittsbereich hin zu deren Austrittsbereich verstanden. Unter dem Begriff "Reaktivität" des Reaktionsmaterials wird die Stärke der Reaktion zwischen dem Reaktionsmaterial und dem Durchströmmedium verstanden. Wenn die Kanäle über ihre Längsausdehnung Bereiche mit unterschiedlicher Reaktivität des Reaktionsmaterials aufweisen, bedeutet dies, daß in den unterschiedlichen Bereichen der Kanäle unterschiedlich starke Reaktionen und/oder unterschiedlich geartete Reaktionen auftreten. Die Erfindung ist nicht auf bestimmte Möglichkeiten beschränkt, wie solche Bereiche mit unterschiedlicher Reaktivität des Reaktionsmaterials erzeugt werden können. Einige nicht ausschließliche Beispiele werden im weiteren Verlauf der Beschreibung näher erläutert. Ebenso ist die Erfindung nicht auf die Unterteilung der Kanäle in eine bestimmte Anzahl von Bereichen beschränkt. Die Bereiche können beispielsweise so gewählt werden, das ein diskretes oder ein kontinuierliches Reaktivitätsprofil des Reaktionsmaterials entsteht. Die Bildung derartiger Bereiche mit unterschiedlicher Reaktivität des Reaktionsmaterials hängt vielmehr vom Einsatzgebiet des Reaktors und vom gewünschten Reaktionsprofil des Durchströmmediums an oder mit dem Reaktionsmaterial ab.

[0019] Erfindungsgemäß weist der Reaktor wenigstens ein Reaktorelement auf, das wiederum wenigstens eine funktionale Einheit mit einer Kanalstruktur aufweist. Dabei bilden jeweils solche Kanäle eine funktionale Einheit, die im Reaktor jeweils die gleiche Funktion haben. Dazu müssen die Kanäle der einzelnen funktionalen Einheiten nicht unbedingt in einer Ebene liegen. Eine gleiche Funktion ist beispielsweise dann gegeben, wenn die Kanäle von gleichen oder gleichartigen Medien, etwa von Ausgangsprodukten, einzelnen Reaktionspartnern, die anschließend gemischt werden oder dergleichen, durchströmt werden, wenn die Kanäle übereinstimmende konstruktive Merkmale aufweisen, etwa in Größe und Form oder wenn in den Kanälen jeweils die gleiche Reaktion abläuft. Diese Beispiele sind selbstverständlich rein exemplarischer Natur und dienen lediglich zur Verdeutlichung des Begriffs "funktionale Einheit", so daß die Erfindung nicht auf die genannten Beispiele beschränkt ist.

[0020] Der erfindungsgemäße Reaktor ist zum einen besonders einfach und damit kostengünstig herstellbar und kann zum anderen universell eingesetzt werden. Die vorliegende Erfindung ist somit nicht auf bestimmte Einsatzmöglichkeiten und Bauformen für den Reaktor beschränkt. Bei den im Rahmen der Beschreibung erläuterten Beispielen handelt es sich somit lediglich um nicht ausschließliche, den Schutzbereich der Erfindung nicht eingrenzende Ausführungsbeispiele.

[0021] Weiterhin ist der erfindungsgemäße Reaktor nicht auf eine bestimmte Ausgestaltung oder Anordnung der Kanäle in den einzelnen funktionalen Einheiten beschränkt. Vielmehr kann die Kanalstruktur jede beliebige Dimensionierung haben. Insbesondere können die einzelnen Kanäle jede beliebige Größe und Querschnittsform aufweisen. Auf diese Weise läßt sich der erfindungsgemäße Reaktor auf besonders einfache und effektive Weise an jede mögliche Anwendungsform anpassen.

[0022] Vorteilhaft kann in den Kanälen mehr als ein Reaktionsmaterial vorgesehen sein, wobei die Kanalbereiche mit unterschiedlicher Reaktivität des Reaktionsmaterials zumindest teilweise durch verschiedene Reaktionsmaterialien gebildet sind. In diesem Fall werden die Bereiche mit unterschiedlicher Reaktivität des Reaktionsmaterials innerhalb der Kanäle derart geschaffen, daß sich in den jeweiligen Bereichen verschiedene Reaktionsmaterialien befinden. Die Auswahl der einzelnen Reaktionsmaterialien ergibt sich dabei je nach Bedarf und Anwendungsfall für den Reaktor.

[0023] Ebenso ist denkbar, daß in zumindest einzelnen Bereichen jeweils mehr als ein Reaktionsmaterial vorgesehen ist, wobei die Reaktionsmaterialien beispielsweise in unterschiedlichen Mischungsverhältnissen und/oder Konzentrationen vorliegen können.

[0024] Auch ist es denkbar, daß das/die Reaktionsmaterial(ein) innerhalb der Kanäle über deren Längsausdehnung ein Konzentrationsprofil aufweist/aufweisen. In diesem Fall werden Bereiche mit unterschiedlicher Reaktivität des Reaktionsmaterials innerhalb der Kanäle dadurch geschaffen, daß das Reaktionsmaterial in den verschiedenen Bereichen jeweils mit einer unterschiedlichen Konzentration vorhanden ist. In einem solchen Fall kann beispielsweise ein einziges Reaktionsmaterial innerhalb der Kanäle eingesetzt werden.

[0025] Das Konzentrationsprofil kann je nach Anwendungsfall unterschiedlich ausgebildet sein.

[0026] So ist es beispielsweise denkbar, daß das Konzentrationsprofil des Reaktionsmaterials in einer Weise ausgebildet ist, daß im Bereich des Kanaleintritts Reaktionsmaterial mit geringerer Konzentration als im Bereich des Kanalausttritts vorgesehen ist. In diesem Fall erfolgt ein Konzentrationsanstieg des Reaktionsmaterials über die Längsausdehnung der Kanäle. Der Vorteil eines solches Konzentrationsprofils soll an Hand eines nicht ausschließlichen Beispiels erläutert werden.

[0027] Wenn die Kanäle, wie aus dem Stand der Technik bekannt, beispielsweise über ihre gesamte Längsausdehnung gleichmäßig mit Reaktionsmaterial versehen wären, würde dies zu einem Reaktionsprofil führen, das im Eintrittsbereich der Kanäle eine sehr starke Reaktion zeigt, die sich im weiteren Verlauf der Kanäle immer mehr abschwächt. Damit stellt sich über die Längsausdehnung der Kanäle ein Reaktionsprofil ein, das am Kanaleintritt sehr hoch ist und mit zunehmender Entfernung vom Kanaleintritt immer mehr abnimmt. Wenn nun das Reaktionsmaterial innerhalb der Kanäle in einem wie vorstehend beschriebenen Konzentrationsprofil vorgesehen ist, kann dadurch eine

gleichmäßige Reaktion, das heißt ein möglichst konstantes Reaktionsprofil über die gesamte Länge der Kanäle, realisiert werden. Wenn nämlich das Reaktionsmaterial im Eintrittsbereich der Kanäle mit geringer Konzentration vorliegt, führt dies auch zu einer geringen Reaktivität des Reaktionsmaterials. Im weiteren Verlauf der Kanäle, das heißt in Richtung zunehmender Längsausdehnung der Kanäle, kann dann die Konzentration des Reaktionsmaterials erhöht werden, wodurch auch die Reaktivität des Reaktionsmaterials in diesen Bereichen der Kanäle erhöht wird. Dadurch kann beispielsweise eine gleichmäßige Reaktion über die gesamte Längsausdehnung der Kanäle erzeugt werden, da beispielsweise die Menge des umsetzbaren Durchströmmediums über die Längsausdehnung der Kanäle immer mehr abnimmt, während die Reaktivität des Reaktionsmaterials über die Längsausdehnung der Kanäle immer mehr zunimmt.

[0028] Vorteilhaft kann das Konzentrationsprofil einen linearen, kurvenförmigen oder stufenförmigen Verlauf aufweisen. Jedoch ist die Erfindung nicht auf die genannten Beispiele für Konzentrationsprofile beschränkt, so daß grundsätzlich jede Form für das Konzentrationsprofil möglich ist. Die Ausgestaltung des Konzentrationsprofils ergibt sich je nach Bedarf und Anwendungsfall für den Reaktor. Selbstverständlich ist es auch denkbar, daß mehrere Konzentrationsprofiltypen innerhalb eines Kanals vorgesehen sind.

[0029] Vorteilhaft können die Kanäle zumindest teilweise mit dem Reaktionsmaterial beschichtet sein. In diesem Fall können Bereiche unterschiedlicher Reaktivität des Reaktionsmaterials innerhalb der Kanäle dadurch realisiert werden, daß die Kanäle in unterschiedlichen Bereichen unterschiedlich beschichtet sind. Dabei können auch solche Varianten realisiert werden, in denen einzelne Bereiche der Kanäle überhaupt nicht mit Reaktionsmaterial beschichtet sind. Die unterschiedliche Beschichtung der Kanäle kann beispielsweise, wie vorstehend beschrieben, über verschiedene Konzentrationsprofile erfolgen. Ebenso kann die Erzeugung von Bereichen mit unterschiedlicher Reaktivität des Reaktionsmaterials auch über Beschichtung der Kanäle mit unterschiedlichen Reaktionsmaterialien erfolgen.

[0030] Je nach Größe der Kanäle kann das Reaktionsmaterial aber auch als Schüttgut innerhalb der Kanäle vorgesehen sein.

[0031] Vorzugsweise kann das Reaktionsmaterial ein katalytisches Material sein. Unter dem Begriff "Reaktivität" wird dann die Aktivität des Katalysatormaterials verstanden, wobei es sich um die Umsetzungsrate des Durchströmmediums am Katalysator handelt. Wenn die Kanäle über ihre Längsausdehnung Bereiche mit unterschiedlicher Aktivität des Katalysatormaterials aufweisen, bedeutet dies, daß in den unterschiedlichen Bereichen der Kanäle unterschiedlich starke Umsetzungsraten auftreten.

[0032] In weiterer Ausgestaltung kann das Reaktorelement wenigstens eine zweite funktionale Einheit mit einer Kanalstruktur aufweisen, die eine Anzahl von Kanälen mit jeweils einem Kanaleintritt und einem Kanalaustritt aufweist, die von wenigstens einem Medium durchströmbar sind oder durchströmt werden.

[0033] Auf diese Weise können Reaktoren geschaffen werden, in denen beispielsweise ein Wärmeaustausch stattfinden kann. Dazu sind die zwei oder mehr funktionalen Einheiten vorteilhaft in einer Weise miteinander verbunden, daß zwischen den einzelnen Kanälen der jeweiligen funktionalen Einheiten ein Wärmeaustausch stattfinden kann. Ebenso sind Ausgestaltungsmöglichkeiten realisierbar, bei denen ein Massenaustausch stattfinden kann. Dazu sind die zwei oder mehr funktionalen Einheiten vorteilhaft in einer Weise miteinander verbunden, daß zwischen den einzelnen Kanälen der jeweiligen funktionalen Einheiten ein Massenaustausch stattfinden kann, beispielsweise über eine Membran, geeignete Verbindungen oder dergleichen. Dabei ist die Erfindung nicht auf eine bestimmte Anzahl von funktionalen Einheiten pro Reaktorelement beschränkt.

[0034] Vorteilhaft können die Kanäle der ersten und zweiten funktionalen Einheiten sowie fakultativ jeder weiteren funktionalen Einheit in Kreuzstrom-Bauweise, in Parallelstrom-Bauweise oder in einem Winkel zueinander ausgerichtet sein.

[0035] Vorteilhaft kann vorgesehen sein, daß die Kanäle der ersten funktionalen Einheit mit einem Reaktionsmaterial beschichtet sind, während die Kanäle der zweiten funktionalen Einheit nicht mit Reaktionsmaterial beschichtet sind. In einem solchen Fall kann der Reaktor als Wärmetauscher eingesetzt werden. Die mit den beschichteten Kanälen versehene funktionale Einheit kann dabei beispielsweise als katalytischer Brenner fungieren, während die Kanäle der zweiten funktionalen Einheit von einem zu erwärmenden Medium durchströmt werden.

[0036] In anderer Ausgestaltung können beispielsweise die Kanäle beider funktionaler Einheiten mit einem geeigneten Reaktionsmaterial beschichtet sein. In einem solchen Fall kann der Reaktor beispielsweise als Reformer fungieren. Die generelle Funktionsweise eines Reformers wird im Zusammenhang mit den erfindungsgemäßen Verwendungen des Reaktors weiter unten näher erläutert.

[0037] Vorzugsweise können die wenigstens zwei funktionalen Einheiten als Schichtenfolge von wenigstens zwei Schichten ausgebildet sein, mit wenigstens einer ersten Schicht, die eine Anzahl von Kanälen aufweist und mit wenigstens einer zweiten Schicht, die eine Anzahl von Kanälen aufweist.

[0038] Beispielsweise kann die Kanalstruktur der wenigstens einen funktionalen Einheit aus Rohren gebildet sein. In diesem Fall wird jeder einzelne Kanal aus einem Rohr gebildet. Die funktionalen Einheiten können beispielsweise jeweils eine Ebene bilden, in der die jeweiligen Rohre der funktionalen Einheit angeordnet sind. Dies ist aber nicht unbedingt erforderlich.

[0039] In anderer Ausgestaltung ist es möglich, daß die wenigstens eine funktionale Einheit des wenigstens einen Reaktorelements plattenförmig ausgebildet ist, wobei die Kanäle innerhalb der Platten oder auf den Platten vorgesehen sind. Die Herstellung einer solchen plattenförmigen Struktur kann auf verschiedenste Art und Weise erfolgen. Beispielsweise, jedoch nicht ausschließlich, können solche Strukturen hergestellt werden, indem zunächst eine Platte hergestellt wird, in die die Kanäle anschließend eingebracht, beispielsweise eingefräst, werden. Eine solche Ausgestaltung ist beispielsweise dann sinnvoll, wenn die Reaktorelemente flächenmäßig klein sind. Bei größeren Reaktoren kann es beispielsweise vorteilhaft sein, die plattenförmige Struktur derart herzustellen, daß zunächst eine Grundplatte angefertigt wird, auf die die einzelnen Kanalwände anschließend aufgebracht, beispielsweise aufgeschweißt oder dergleichen, werden.

[0040] Wie vorstehend bereits erläutert wurde, kann der erfindungsgemäße Reaktor für jede Art von Reaktoren, einschließlich für Großreaktoren, eingesetzt werden. Besonders vorteilhaft kann der erfindungsgemäße Reaktor jedoch als Mikroreaktor ausgebildet sein, wobei die Kanäle der wenigstens einen funktionalen Einheit jeweils in Mikrostrukturtechnik ausgebildet sind. Durch die Ausgestaltung in Mikrotechnik wird erreicht, daß auf kleinstem Raum eine große Anzahl von Mikrokanälen vorliegt, deren Breite und Höhe im Submillimeterbereich liegt. Auf diese Weise verfügen solche Reaktoren über hohe spezifische innere Oberflä-

chen, das heißt über ein hohes Verhältnis an Kanaloberfläche zu Kanalvolumen. Weiterhin weisen Mikroreaktoren, wie dies der Name bereits aussagt, bei nur geringstem Platzbedarf eine sehr hohe Leistungsfähigkeit auf.

[0041] Vorteilhaft kann der Reaktor zwei oder mehr Reaktorelemente aufweisen. Diese Reaktorelemente können beispielsweise hintereinander geschaltet werden. Ebenso ist es denkbar, daß die einzelnen Reaktorelemente übereinander, beispielsweise sandwichartig, angeordnet sind. Die geeignete Verknüpfung der einzelnen Reaktorelemente innerhalb des Reaktors ergibt sich je nach Bedarf und Anwendungsfall, beispielsweise nach dem zur Verfügung stehenden Bauraum und/oder dem Einsatzgebiet des Reaktors.

[0042] Vorzugsweise kann der Reaktor als einstufiger Reaktor ausgebildet sein. Ein solcher Reaktor ist besonders einfach und damit kostengünstig herstellbar. Insbesondere können die im Rahmen des Standes der Technik beschriebenen Nachteile, die sich im Zusammenhang mit der Verbindung mehrerer Reaktorstufen ergeben, vermieden werden.

[0043] Der wie vorstehend beschriebene erfindungsgemäße Reaktor ist nicht auf bestimmte Verwendungsmöglichkeiten beschränkt. Nachfolgend werden einige nicht ausschließliche Beispiele beschrieben, wie der Reaktor vorteilhaft verwendet werden kann.

[0044] Insbesondere kann ein wie vorstehend beschriebener erfindungsgemäßer Reaktor als Reaktor verwendet werden, in dem exotherme und/oder endotherme Reaktionen ablaufen. Durch die Tatsache, daß die Kanäle über ihre Längsausdehnung Bereiche mit unterschiedlicher Reaktivität des Reaktionsmaterials aufweisen, kann dabei ein im wesentlichen homogenes Reaktionsprofil über die gesamte Kanallänge erzeugt werden.

[0045] Beispielsweise kann ein wie vorstehend beschriebener erfindungsgemäßer Reaktor als Wärmetauscher und/oder katalytischer Brenner und/oder Reformer und/oder Reaktor zur partiellen Oxidation verwendet werden. Natürlich sind auch noch andere Verwendungsmöglichkeiten denkbar. Dabei können Reformierungsreaktoren sowohl Bereiche mit exothermen Reaktionen als auch Bereiche mit endothermen Reaktionen aufweisen. Ebenso sind Reformer für die endotherme Reformierung realisierbar, beispielsweise Reformer für die Dampfreformierung.

[0046] Vorteilhaft kann ein wie vorstehend beschriebener erfindungsgemäßer Reaktor, insbesondere in den zuvor beschriebenen bevorzugten Verwendungsweisen, in einem Brennstoffzellensystem verwendet werden.

[0047] Brennstoffzellen sind bereits seit langem bekannt und haben insbesondere im Bereich der Automobilindustrie in den letzten Jahren erheblich an Bedeutung gewonnen. Ähnlich wie Batteriesysteme erzeugen Brennstoffzellen elektrische Energie auf chemischen Wege, wobei die einzelnen Reaktanten kontinuierlich zugeführt und die Reaktionsprodukte kontinuierlich abgeführt werden. Dabei liegt den Brennstoffzellen die Funktionsweise zu Grunde, daß sich elektrisch neutrale Moleküle oder Atome miteinander verbinden und dabei Elektronen austauschen. Dieser Vorgang wird als Redoxprozeß bezeichnet. Bei der Brennstoffzelle werden die Oxidations- und Reduktionsprozesse über eine Membran räumlich getrennt. Solche Membranen haben die Eigenschaft Ionen auszutauschen, Gase jedoch zurückzuhalten. Die bei der Reduktion abgegebenen Elektronen lassen sich als elektrischer Strom durch einen Verbraucher leiten, beispielsweise den Elektromotor eines Automobils.

[0048] Als gasförmige Reaktionspartner für die Brennstoffzelle werden beispielsweise Wasserstoff als Brennstoff und Sauerstoff als Oxidationsmittel verwendet. Will man die Brennstoffzelle mit einem leicht verfügbaren oder leicht zu speichernden Brennstoff wie Erdgas, Methanol, Benzin oder dergleichen betreiben, muß man den Kohlenwasserstoff in einer Anordnung zum Erzeugen/Aufbereiten eines Brennstoffs zunächst in ein wasserstoffreiches Gas umwandeln. Bei einigen der in der Anordnung zum Erzeugen/Aufbereiten des Brennstoffs eingesetzten Bauelemente handelt es sich beispielsweise um Reaktoren, etwa um Verdampfer, Reformer, katalytische Brenner und dergleichen. Der Verdampfer hat die Aufgabe, den Ausgangsstoff für den Brennstoff zunächst zu verdampfen, bevor dieser in dampfförmigem Zustand zur weiteren Aufbereitung in das nächste Reaktorelement, beziehungsweise den nächsten Reaktor, beispielsweise einen Reformer, eingeleitet wird. Wird für einzelnen Reaktionen in Reaktorelementen beziehungsweise Reaktoren Wärme benötigt, kann diese Wärme beispielsweise über einen katalytischen Brenner, einen Wärmetauscher oder dergleichen zur Verfügung gestellt werden. Alle vorgenannten Reaktorelemente beziehungsweise Reaktoren können in Form eines wie vorstehend beschriebenen erfindungsgemäßen Reaktors ausgebildet sein.

[0049] Die Erfindung wird nun an Hand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

[0050] **Fig.** 1 in schematischer, perspektivischer Ansicht einen Reaktor mit einem Reaktorelement, das zwei funktionale Einheiten mit Schichtstruktur aufweist;

[0051] **Fig.** 2 die Kanalstruktur eines Reaktors nach dem Stand der Technik, wobei

[0052] **Fig.** 2a schematisch die Kanalstruktur an sich und

[0053] **Fig.** 2b das Temperaturprofil über die Längsausdehnung der Kanalstruktur darstellt; und

[0054] **Fig.** 3 die Kanalstruktur eines erfindungsgemäßen Reaktors, wobei

[0055] **Fig.** 3a die Kanalstruktur an sich, die

[0056] **Fig.** 3b, 3c, 3d verschiedene Konzentrationsprofile von Reaktionsmaterial innerhalb der Kanalstruktur und

[0057] **Fig.** 3e ein Temperaturprofil über die Längsausdehnung der Kanalstruktur darstellen.

[0058] In **Fig.** 1 ist ein Reaktor **10** dargestellt, der in Mikrostrukturtechnik ausgebildet ist und der ein Reaktorelement **15** aufweist. Das Reaktorelement **15** wiederum besteht aus zwei funktionalen Einheiten **20**, **30** mit Kanalstruktur. Die zwei funktionalen Einheiten **20**, **30** sind als Schichtenfolge von wenigstens zwei Schichten ausgebildet, mit wenigstens einer ersten Schicht **20**, die eine Anzahl von Kanälen **21** aufweist und mit wenigstens einer zweiten Schicht **30**, die eine Anzahl von Kanälen **31** aufweist. Jeder der Kanäle **21**, **31** verfügt jeweils über einen Kanaleintritt **22**, **32** sowie einen Kanalaustritt **23**, **33**.

[0059] In den einzelnen Kanälen **21**, **31** ist jeweils ein Reaktionsmaterial R vorgesehen. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel sind die Kanäle **21**, **31**, beziehungsweise deren Kanalwände zumindest teilweise mit dem Reaktionsmaterial R beschichtet.

[0060] Weiterhin werden die Kanäle **21**, **31** von einem Durchströmmedium D durchströmt, das in Strömungsrichtung S an den jeweiligen Kanaleintritten **22**, **32** in die Kanäle **21**, **31** eintritt und an den Kanalaustritten **23**, **33** aus den Kanälen **21**, **31** wieder austritt.

[0061] Das Durchströmmedium D ist derart ausgewählt, daß es an oder mit dem Reaktionsmaterial R innerhalb der Kanäle **21**, **31** reagieren kann.

[0062] Der in **Fig.** 1 dargestellte Reaktor **10** fungiert beispielsweise als Reformer und ist im Beispiel in Parallelstrom-Bauweise ausgebildet. Dazu kann die funktionale Einheit **20** beispielsweise als katalytischer Brenner fungieren. Dabei reagiert das Durchströmmedium D innerhalb der Kanäle **21** exotherm am Reaktionsmaterial R, bei dem es sich in diesem Fall um ein Katalysatormaterial handelt. Bei

der Reaktion wird Wärme freigesetzt. Diese Wärme kann nunmehr für entsprechende Reaktionen in der funktionalen Einheit **30** verwendet werden, etwa wenn die Reaktion in den Kanälen **31** endotherm verläuft und folglich Wärme zugeführt werden muß. Da es sich bei dem Reaktor **10** um einen Reformer handelt, laufen in der funktionalen Einheit **30** entsprechende Reformierungsprozesse ab, wobei das die Kanäle **31** durchströmende Durchströmmedium D an oder mit dem Reaktionsmaterial R innerhalb der Kanäle **31** reagiert. Wenn für diese Reaktion Wärme benötigt wird, wird diese über die als katalytischer Brenner ausgebildete funktionale Einheit **20** bereitgestellt.

[0063] Zur Verdeutlichung der Erfindung wird nachfolgend nur noch die als katalytischer Brenner fungierende funktionale Einheit **20** betrachtet.

[0064] In **Fig.** 2 ist zunächst die Kanalstruktur einer aus dem Stand der Technik bekannten, als katalytischer Brenner fungierenden funktionalen Einheit **20** dargestellt. Zur Verdeutlichung ist nur ein einziger Kanal **21** gezeigt, über dessen Kanaleintritt **22** ein Durchströmmedium D in den Kanal **21** eintritt, den Kanal **21** in Strömungsrichtung S, das heißt in Richtung der Längsausdehnung L des Kanals **21**, durchströmt und schließlich über den Kanalaustritt **23** aus dem Kanal **21** austritt. Der Kanal **21** soll mit einem Reaktionsmaterial R für das Durchströmmedium D beschichtet sein, wobei das Reaktionsmaterial R ein Katalysatormaterial ist gleichmäßig über den gesamten Kanal **21** verteilt ist (**Fig.** 2a).

[0065] Eine derartige Ausgestaltung des katalytischen Brenners **20** führt jedoch zu Problemen bei der Umsetzung der katalytischen Reaktionen. Wenn nämlich das Durchströmmedium D in den mit dem Katalysatormaterial R beschichteten Kanal **21** eintritt, findet bereits im Eintrittsbereich des Kanals **21**, also in demjenigen Bereich, der kurz hinter dem Kanaleintritt **22** liegt, ein Großteil der Reaktion, im vorliegenden Fall der katalytischen Reaktion, statt. Diese heftige Reaktion führt zu einer starken, lokalen Hitzeentwicklung im Eintrittsbereich. Dies ist auch am Verlauf des Temperaturprofils T in **Fig.** 2b zu erkennen. Im weiteren Verlauf des Kanals **21**, das heißt mit zunehmender Längsausdehnung L des Kanals **21**, schwächt sich die Reaktionsstärke immer mehr ab, so daß sich über die Längsausdehnung L des Kanals **21** ein Reaktionsprofil einstellt, das am Kanaleintritt **22** sehr hoch ist und mit zunehmender Entfernung vom Kanaleintritt **22**, also in Richtung des Kanalaustritts **23**, immer mehr abnimmt. Da die funktionale Einheit **20** als katalytischer Brenner arbeitet, stellt sich folglich auch ein entsprechendes Temperaturprofil ein, wie es in **Fig.** 2b dargestellt ist. Es wird deutlich, daß eine gleichmäßige Reaktion, beziehungsweise eine homogene Temperaturverteilung, über die gesamte Längsausdehnung L des Kanals **21** somit nicht realisierbar ist, so daß üblicherweise nicht der gesamte Kanal **21** für die Wärmeübertragung ausgenutzt werden kann. Weiterhin kann der Kanal **21** durch die heftige Reaktion im Eintrittsbereich möglicherweise beschädigt werden.

[0066] Um diese Nachteile zu umgehen, wird nun erfindungsgemäß das Reaktionsprofil des Reaktionsmaterials R, beziehungsweise des Katalysatormaterials innerhalb des Kanals **21** modifiziert, wie dies aus der **Fig.** 3 ersichtlich ist. In **Fig.** 3a ist zunächst wiederum ein einzelner Kanal **21**, der als katalytischer Brenner fungierenden funktionalen Einheit **20** dargestellt. Wie auch bei **Fig.** 2a tritt das Durchströmmedium D am Kanaleintritt **22** in den Kanal **21** ein, durchströmt diesen entlang der Längsausdehnung L des Kanals **21** in Strömungsrichtung S und tritt anschließend über den Kanalaustritt **23** aus dem Kanal aus. Der Kanal **21** ist wiederum mit einem Reaktionsmaterial, beziehungsweise Katalysatormaterial, R beschichtet, an dem oder mit dem das Durchströmmedium D reagiert.

[0067] Im Unterschied zu der aus **Fig.** 2 dargestellten und aus dem Stand der Technik bekannten Ausführungsform ist das Katalysatormaterial R nunmehr derart im Kanal **21** vorgesehen, daß der Kanal **21** über seine Längsausdehnung L Bereiche **40**, **41**, **42** mit unterschiedlicher Aktivität des Katalysatormaterials R aufweist. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel sind insgesamt drei solcher Bereiche dargestellt, wobei die Erfindung jedoch nicht auf eine bestimmte Anzahl von Kanalbereichen beschränkt ist. Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung wird nunmehr die Möglichkeit geschaffen, daß innerhalb des Kanals **21** über dessen gesamte Längsausdehnung L ein gezielt einstellbares, beispielsweise ein im wesentlichen gleichmäßiges, Reaktionsprofil auftritt.

[0068] Dazu ist vorgesehen, daß die Konzentration des Katalysatormaterials R über die Längsausdehnung L des Kanals **21** variiert. Dabei soll die Konzentration des Katalysatormaterials R im Eintrittsbereich **40** des Kanals **21** geringer sein als in dessen Austrittsbereich **42**. Um dies zu bewerkstelligen, ist das Katalsysatormaterial R mit einem Konzentrationsprofil K innerhalb des Kanals **21** vorgesehen, wobei drei nicht ausschließliche Beispiele für geeignete Konzentrationsprofile K in den **Fig.** 3b, 3c und 3d dargestellt sind. Dabei zeigt **Fig.** 3b ein linear ansteigendes Konzentrationsprofil K, während **Fig.** 3c einen kurvenförmigen Verlauf des Konzentrationsprofils K darstellt. In **Fig.** 3d ist schließlich ein stufenförmiger Verlauf des Konzentrationsprofils K gezeigt.

[0069] Wenn nun das Durchströmmedium D über den Kanaleintritt **22** in den Eintrittsbereich **40** des Kanals **21** eintritt, trifft es auf einen Bereich, in dem das Katalysatormaterial R mit relativ geringer Konzentration vorhanden ist. Eine heftige Reaktion des Durchströmmediums D an oder mit dem Katalysatormaterial R bereits im Eintrittsbereich **40**, wie dies bei der aus dem Stand der Technik bekannten Lösung gemäß **Fig.** 2 bekannt war, kann in diesem Fall vermieden werden. Auf Grund der relativ geringen Konzentration an Katalysatormaterial R im Eintrittsbereich **40** des Kanals **21** reagiert zunächst ein geringer Teil des Durchströmmediums D an oder mit dem Katalysatormaterial R. Mit zunehmender Entfernung vom Kanaleintritt **22** nimmt die Konzentration K des Katalysatormaterials R innerhalb des Kanals **21** zu.

[0070] Weiterhin nimmt in umgekehrter Weise die Menge des noch nicht abreagierten Durchströmmediums D mit zunehmender Entfernung vom Kanaleintritt **22** ab. Durch eine geeignete Auswahl des Konzentrationsprofils K und damit der Aktivität des Katalysatormaterials R innerhalb der einzelnen Kanalbereiche **40**, **41**, **42** kann folglich erreicht werden, daß über die gesamte Längsausdehnung L des Kanals **21** immer eine gewünschte Reaktionsstärke zwischen Durchströmmedium D und Katalysatormaterial R auftritt.

[0071] Wenn die funktionale Einheit **20** als katalytischer Brenner eingesetzt wird, kann dies bedeuten, daß ein möglichst homogenes Reaktionsprofil über die gesamte Längsausdehnung L des Kanals **21** erzeugt wird, so daß auch ein möglichst homogenes Temperaturprofil T über die gesamte Längsausdehnung L des Kanals **21** entsteht, wie dies in **Fig.** 3e dargestellt ist. Durch Auswahl eines geeigneten Konzentrationsprofils K kann ein solches homogenes Temperaturprofil T realisiert werden.

[0072] Durch die vorliegende Erfindung wird es somit möglich, auf konstruktiv einfache und damit kostengünstige Weise einen Reaktor **10** zu schaffen, in dem die Reaktion eines Durchströmmediums D an oder mit dem Reaktionsmaterial R innerhalb eines Kanals in Form eines gezielt ein-

stellbaren, definierten Reaktionsprofils abläuft. Dabei kann der Reaktor **10** besonders vorteilhaft als einstufiger Reaktor ausgebildet sein.

Bezugszeichenliste

10 Reaktor
15 Reaktorelement
20 funktionale Einheit
21 Kanal
22 Kanaleintritt
23 Kanalaustritt
30 funktionale Einheit
31 Kanal
32 Kanaleintritt
33 Kanalaustritt
40 Bereich unterschiedlicher Reaktivität des Reaktionsmediums
41 Bereich unterschiedlicher Reaktivität des Reaktionsmediums
42 Bereich unterschiedlicher Reaktivität des Reaktionsmediums
D Durchströmmedium
S Strömungsrichtung des Durchströmmediums
R Reaktionsmaterial (beispielsweise Katalysatormaterial)
L Längsausdehnung der Kanäle
T Temperaturprofil im Kanal
K Konzentrationsprofil des Reaktionsmaterials

Patentansprüche

1. Reaktor, mit wenigstens einem Reaktorelement (**15**), das wenigstens eine funktionale Einheit (**20**) mit einer Kanalstruktur aufweist, die eine Anzahl von Kanälen (**21**) mit jeweils einem Kanaleintritt (**22**) und einem Kanalaustritt (**23**) aufweist, die von wenigstens einem Medium (D) durchströmbar sind oder durchströmt werden, **dadurch gekennzeichnet**, daß in den Kanälen (**21**) wenigstens ein Reaktionsmaterial (R) vorgesehen ist, an oder mit dem das Durchströmmedium (D) reagiert oder reagieren kann und daß das Reaktionsmaterial (R) derart in den Kanälen (**21**) vorgesehen ist, daß die Kanäle (**21**) über ihre Längsausdehnung (L) Bereiche (**40, 41, 42**) mit unterschiedlicher Reaktivität des Reaktionsmaterials (R) aufweisen.
2. Reaktor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in den Kanälen **21** mehr als ein Reaktionsmaterial (R) vorgesehen ist und daß die Kanalbereiche (**40, 41, 42**) mit unterschiedlicher Reaktivität des Reaktionsmaterials (R) zumindest teilweise durch verschiedene Reaktionsmaterialien gebildet sind.
3. Reaktor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das/die Reaktionsmaterial(ien) (R) innerhalb der Kanäle (**21**) über deren Längsausdehnung (L) ein Konzentrationsprofil (K) aufweist/aufweisen.
4. Reaktor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Konzentrationsprofil (K) des Reaktionsmaterials (R) in einer Weise ausgebildet ist, daß im Bereich (**40**) des Kanaleintritts (22) Reaktionsmaterial (R) mit geringerer Konzentration als im Bereich (**42**) des Kanalaustritts (**23**) vorgesehen ist.
5. Reaktor nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß das Konzentrationsprofil (K) einen linearen, kurvenförmigen oder stufenförmigen Verlauf aufweist.
6. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Kanäle (**21**) zumindest teilweise mit dem Reaktionsmaterial (R) beschichtet sind.
7. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Reaktionsmaterial (R) als Schüttgut innerhalb der Kanäle (**21**) vorgesehen ist.
8. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Reaktionsmaterial (R) ein katalytisches Material ist.
9. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das Reaktorelement (**15**) wenigstens eine zweite funktionale Einheit (**30**) mit einer Kanalstruktur aufweist, die eine Anzahl von Kanälen (**31**) mit jeweils einem Kanaleintritt (**32**) und einem Kanalaustritt (**33**) aufweist, die von wenigstens einem Medium (D) durchströmbar sind oder durchströmt werden.
10. Reaktor nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die wenigstens zwei funktionalen Einheiten (**20, 30**) als Schichtenfolge von wenigstens zwei Schichten ausgebildet sind, mit wenigstens einer ersten Schicht (**20**), die eine Anzahl von Kanälen (**21**) aufweist und mit wenigstens einer zweiten Schicht (**30**), die eine Anzahl von Kanälen (**31**) aufweist.
11. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Kanalstruktur der wenigstens einen funktionalen Einheit (**20; 30**) aus Rohren gebildet ist.
12. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die wenigstens eine funktionale Einheit (**20; 30**) des wenigstens einen Reaktorelements (**15**) plattenförmig ausgebildet ist und daß die Kanäle (**21; 31**) innerhalb der Platte oder auf der Platte ausgebildet sind.
13. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Kanäle (**21; 31**) der wenigstens einen funktionalen Einheit (**20; 30**) in Mikrostrukturtechnik ausgebildet sind.
14. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß dieser zwei oder mehrere Reaktorelemente (**15**) aufweist.
15. Reaktor nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß dieser als einstufiger Reaktor (**10**) ausgebildet ist.
16. Verwendung eines Reaktors (**10**) nach einem der Ansprüche 1 bis 15 als Reaktor, in dem exotherme Reaktionen ablaufen.
17. Verwendung eines Reaktors (**10**) nach einem der Ansprüche 1 bis 15 als Reaktor, in dem exotherme Reaktionen ablaufen.
18. Verwendung eines Reaktors (**10**) nach einem der Ansprüche 1 bis 15 oder nach Anspruch 16 oder 17 als Wärmetauscher und/oder katalytischer Brenner und/oder Reformer und/oder Reaktor zur partiellen Oxidation.
19. Verwendung eines Reaktors (**10**) nach einem der Ansprüche 1 bis 15 oder nach einem der Ansprüche 16 bis 18 in einem Brennstoffzellensystem.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

Nummer: DE 101 10 465 A1
Int. Cl.[7]: B 01 J 19/00
Offenlegungstag: 2. Oktober 2002

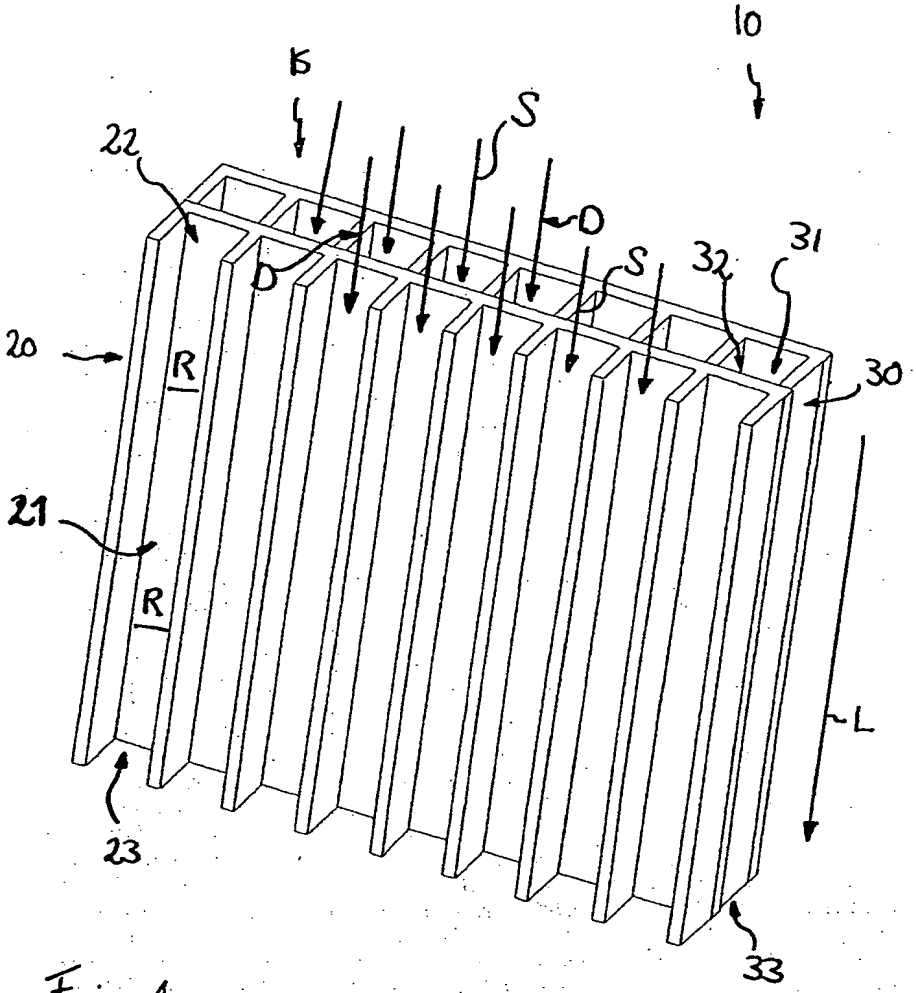


Fig. 1

Nummer: DE 101 10 465 A1
Int. Cl.[7]: B 01 J 19/00
Offenlegungstag: 2. Oktober 2002

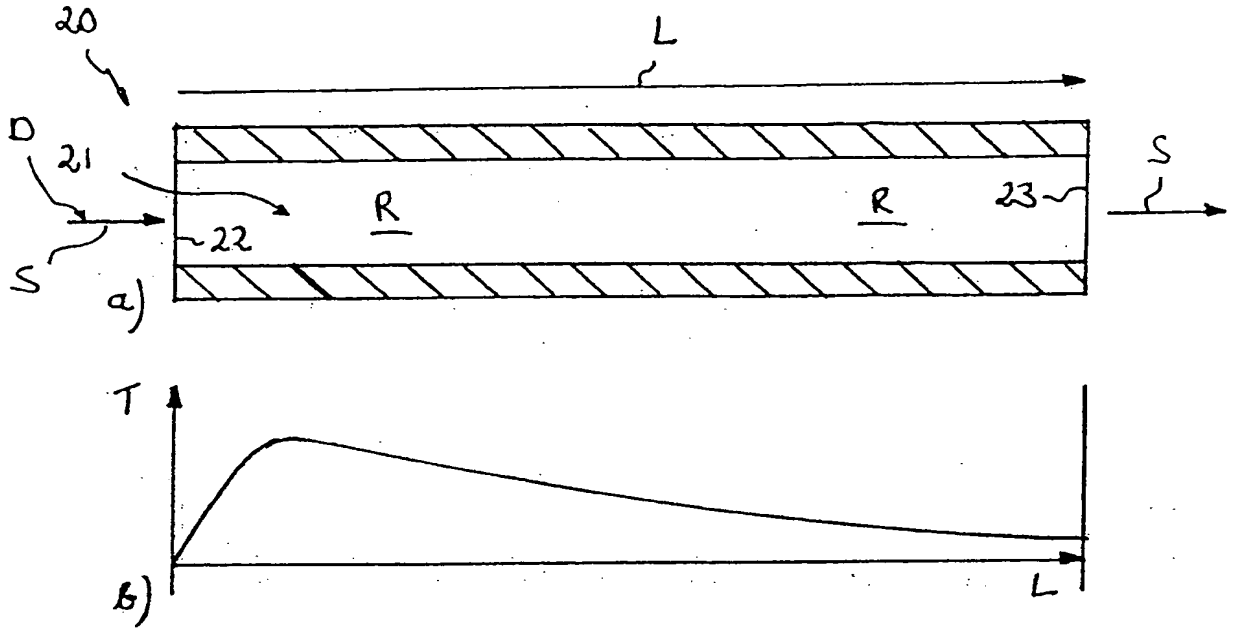


Fig. 2

Nummer: DE 101 10 465 A1
Int. Cl.[7]: B 01 J 19/00
Offenlegungstag: 2. Oktober 2002

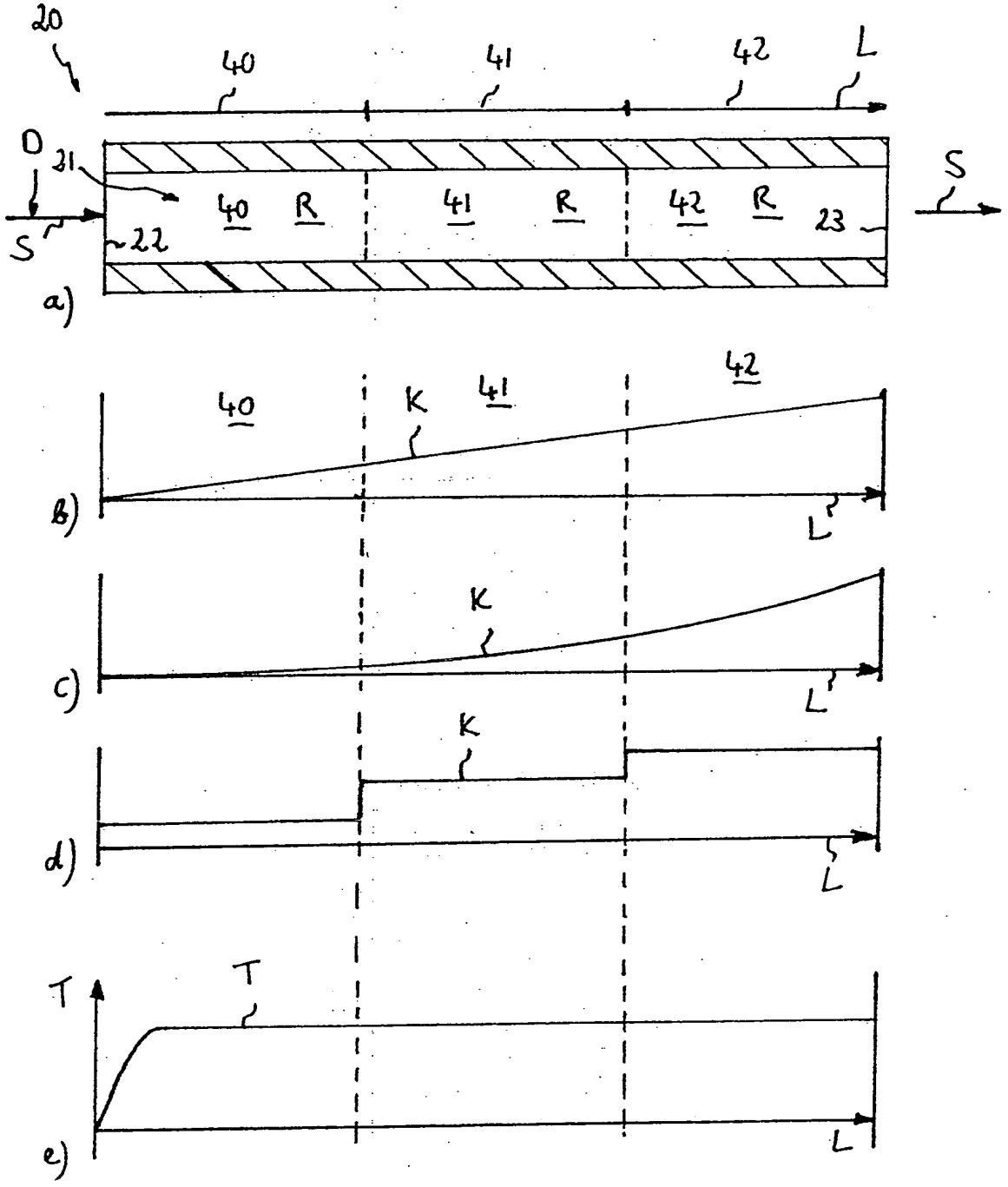


Fig. 3